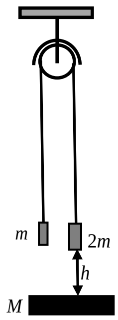
2015-2016 ուս.տ. Ֆիզիկայի հանրապետական օլիմպիադա

Հանրապետական փուլ
Տևողությունը 4 ժամ
11 դասարան



1. m ու $2m$ զանգվածով մարմինները կապված են ճախարակի վրայով զցված չձգվող թելի ծայրերին: Սկզբնական պահին մարմինները գտնվում են նույն հորիզոնականի վրա: Մարմինները բաց են թողնում: Դրանցից h հեռավորության վրա գտնվում է շատ մեծ զանգվածով M մարմինը: Դրա հետ $2m$ զանգվածով մարմնի բացարձակ առաձգական բախումից հետո M մարմինը հեռացնում են: Թելն անկշիռ, չձգվող և առաձգական է ու չի պոկվում ճախարակից:

ա. Շարժումն սկսելուց ինչքա՞ն ժամանակ հետո թելը կձգվի առաջին անգամ:

բ. Շարժումն սկսելուց ինչքա՞ն ժամանակ հետո թելը կձգվի երկրորդ անգամ ու սկզբնական դիրքից ի՞նչ հեռավորության վրա դա տեղի կունենա:

Լուծում: M մարմնի հետ բախվելուց հետո երկու մարմինն էլ շարժվում են իրար հավասար՝ $mgh=\frac{3m\text{v}^2}{2}\Rightarrow \text{v}=\sqrt{\frac{2}{3}gh}$ արագությամբ: Դա նշանակում է, որ $t=\frac{2\text{v}}{g}$ ժամանակ անց նրանք կվերադառնան իրենց տեղերը, որը 2m զանգվածով մարմնի համար ցածր է սկզբնական դիրքից h-ով: Այդ պահին պարանը ձգվում է և մարմինների միջև տեղի է ունենում բացարձակ առաձգական բախում, որի արդյունքում m զանգվածով մարմինը ստանում է դեպի վեր ուղղված $\frac{5}{3}\text{v}$ արագություն, իսկ $2m$ զանգվածովը՝ դեպի վեր ուղղված $\frac{1}{3}\text{v}$ արագություն: Այդ արագությունները կարելի է հեշտ ստանալ, եթե դիտարկել կենտրոնական բացարձակ առաձգական բախում:

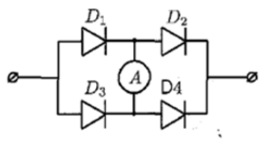
Այդ պահից հետո դրանց հեռավորությունները սկզբնական դիրքից ժամանակի ընթացքում փոփոխվում են ինչպես՝ $x_1=-h-\frac{5\text{v}}{3}+\frac{gt^2}{2}$, $x_2=h-\frac{\text{v}}{3}t+\frac{gt^2}{2}$: Թելը նորից կձգվի, երբ $x_1+x_2=0$, ինչը տեղի կունենա, երբ $t_2=\frac{2\text{v}}{g}$, իսկ $x_2=h+\frac{4\text{v}^2}{3g}$:

2. Տղան α թեքությամբ սարը բարձրանում է հաստատուն v_0 արագությամբ և անկշիռ l երկարությամբ թելով իր ետևից քաշում է m զանգվածով սահնակը, որը գտնվում է հորիզոնական տեղամասում (տե՛ս նկ.): Գտեք թելի լարման ուժն այն պահին, երբ այն հորիզոնական մակերևույթի հետ կազմում է α անկյուն: Շփման ուժերն անտեսեք:

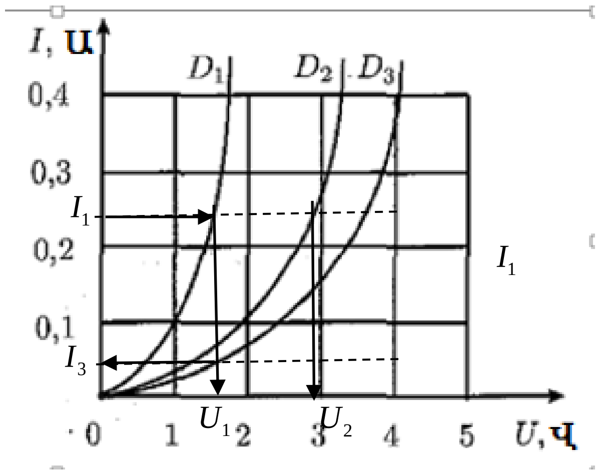
Լուծում: Տղայի հետ կապված հաշվարկման համակարգը իներցիալ է և այդ համակարգում սայլակը միշտ գտնվում է l շառավղով շրջանագծի վրա: Սայլակի արագության պրոյեկցիան թելի վրա հավասար է տղայի արագությանը, այնպես որ նրա արագությունը քննարկվող պահին՝ $\text{v}\cos\alpha=\text{v}_0$, իսկ այդ արագության պարանին ուղղահայաց բաղադրիչը կլինի $\text{v}_\perp=\text{v}\sin\alpha=\text{v}_0\,\text{tg}\,\alpha$: Դա նշանակում է, որ սայլակի կենտրոնաձիգ արագացումը՝ $a_n=\frac{\text{v}_\perp^2}{l}=\frac{\text{v}_0^2\,\text{tg}^2\,\alpha}{l}$: Բայց կենտրոնաձիգ արագացումը հավասար է սայլակի լրիվ հորիզոնական արագացման պրոյեկցիային պարանի ուղղության վրա՝ $a_n=a\cos\alpha$: Քանի որ շարժման հավասարումից ունենք $T\cos\alpha=ma$, ստանում ենք

$$T=\frac{ma}{\cos\alpha}=\frac{ma_n}{\cos^2\alpha}=\frac{m\mathrm{v}^2\,\mathrm{tg}^2\alpha}{l\cos^2\alpha}$$

3. Նկարում պատկերված շղթան բաղկացած է չորս դիոդից: Հայտնի է, որ շղթայի սեղմակներին կիրառված ցանկացած լարման դեպքում ամպերմետրով հոսանք չի անցնում: D_1, D_2 ու D_3 դիոդների վոլտ-ամպերային բնութագրերը հայտնի են (տե՛ս նկ.): Գծեք չորրորդ դիոդի վոլտ-ամպերային բնութագիրը:

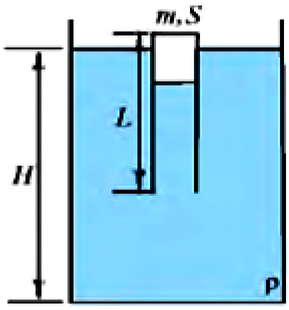


Լուծում: Քանի որ ամպերմետրով հոսանք չի հոսում, առաջին ու երկրորդ դիոդներում նույն հոսանքն է: Հոսանքը նույնն է նաև երրորդ և չորրորդ դիոդներում, որը կարող է տարբեր լինել վերևի դիոդների հոսանքից: Նույնպես, քանի որ ամպերմետրում հոսանք չկա, $U_1=U_3$ ու $U_2=U_4$: Այժմ կարող ենք կառուցել չորրորդ դիոդի բնութագիրը:



Եթե D_1-ի հոսանքը I_1 է, դրա վրա լարումը U_1 է: Նույն լարումը D_3-ի վրա է, որում հոսանքի ուժը I_3 է: Եթե հիմա որոշենք U_2 լարումը D_2 դիոդի վրա, ապա կստանանք, որ I_3 հոսանքի ուժի դեպքում լարումը չորրորդ դիոդի վրա U_2: Այսպիսով $I=I_3$ ու $U=U_2$ ուղիղների հատման կետը պատկանում է չորրորդ դիոդի վոլտ ամպերային բնութագրին: Նույնանման կառուցվում են բնութագրի բոլոր կետերը:

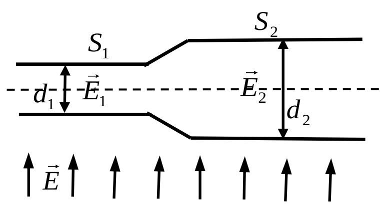
4. Բարակ պատերով L երկարությամբ ու m զանգվածով շրջված սրվակը գտնվում է H խորությամբ ջուր պարունակող անոթում: Սրվակի կտրվածքի մակերեսը S է: Սրվակի վերևում կա ինչ որ քանակի օդ: Ջերմաստիճանը դանդաղ իջեցնում են: Երբ ջերմաստիճանը դառնում է T_1 սրվակն սկսում է սուզվել ու հասնում է հատակին: Մինչև ո՞ր T_2 ջերմաստիճանը պետք է տաքացնել համակարգը որպեսզի սրվակը բարձրանա: Ընդունեք, որ ջրի ρ խտությունը կախված չէ ջերմաստիճանից և որ օդը իդեալական գազ է: Ազատ անկման արագացումը g է, մթնոլորտային ճնշումը՝ p_0:



Լուծում: Լրիվ ընկղմված սրվակի վրա ազդող արքիմեդյան ուժը պայմանավորված է օդի այսն բարձրությամբ: Քանի որ հավասարակշռության դեպքում այդ ուժը հավասար է mg, ունենք $mg=\rho ghS$: Երբ սրվակը լրիվ ընկղմվեց մակերևույթի մոտ T_1 ջերմաստիճանում գազի ճնշումը հավասար էր $p_1=p_0+\rho gh$, Իսկ երբ նա T_2 ջերմաստիճանում սկսեց բարձրանալ ավազանի հատակից, գազի ճնշումը հավասար էր $p_2=p_0+\rho g\left(H+h-L\right)$: Գազի հետ կատարվել է իզոխոր պրոցես, հետևաբար

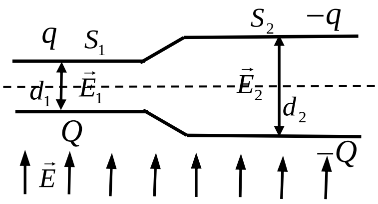
$$T_2=T_1\frac{p_0+\rho g\left(H+h-L\right)}{p_0+\rho gh}=T_1\frac{\left(p_0+\rho g\left(H-L\right)\right)S+mg}{p_0S+mg}:$$

5. Երկու չլիցքավորված հաղորդիչ թիթեղ ունեն երկու ընդարձակ զուգահեռ տեղամաս, որոնց մակերեսները S_1 ու S_2 են և որոնց միջև փոքր հեռավորությունները d_1 ու d_2 են (տե՛ս նկ.): Այդ տեղամասերի միացման տիրույթը շատ փոքր է թիթեղների մակերեսից: Թիթեղների համաչափության հարթությանն ուղղահայաց միացնում են E լարվածությամբ համասեռ



էլեկտրական դաշտ: Գտեք հարթ տեղամասերի միջև էլեկտրական դաշտի E_1 ու E_2 լարվածությունները:

Լուծում: Քանի որ թիթեղները չէին լիցքավորված, դրանց գումարային լիցքը պետք է լինի զրո, իսկ պոտենցիալների տարբերությունը աջ ու ձախ թիթեղների միջև հավասար են՝ $E_1d_1 = E_2d_2$: Դաշտերի վերադրման սկզբունքից ունենք՝



$$\begin{cases} E_1 = E + \dfrac{Q-q}{2\varepsilon_0 S_1} \\ E_2 = E - \dfrac{Q-q}{2\varepsilon_0 S_1} \end{cases} \Rightarrow E_1S_1 + E_2S_2 = E\left(S_1+S_2\right):$$

Լուծելով հավասարումները ստանում ենք

$$E_1 = E\frac{\left(S_1+S_2\right)d_2}{S_1d_2+S_2d_1},\ E_2 = E\frac{\left(S_1+S_2\right)d_1}{S_1d_2+S_2d_1}$$